

Device for measuring components of force and moment applied to vehicle tire

Patent Number: ☐ [US4748844](#)
Publication date: 1988-06-07
Inventor(s): YOSHIDA TAKESHI (JP); YOSHIKAWA HIROTAKA (JP)
Applicant(s): YAMATO SCALE CO LTD (JP)
Requested Patent: ☐ [DE3715472](#)
Application Number: US19870030962 19870327
Priority Number(s): JP19860106963 19860509
IPC Classification: G01L5/16; G01M17/02
EC Classification: [G01L5/16B](#)
Equivalents: ☐ [FR2598505](#), ☐ [GB2190201](#), ☐ [JP62263434](#)

Abstract

A device for measuring components of force and moment applied to a vehicle tire, which is generally used for automobile tire testing in co-operation with a multi-component load cell structure fixed to a wheel shaft together with a tire to be tested to rotate therewith for picking up the component forces and moments as electric signals. The device includes an arithmetic unit adapted for sampling the data indicative of the component forces and moments and the datum indicative of the angle of rotation at a predetermined interval and storing the same for future use after transforming into the axial components belonging to an orthogonal co-ordinate system fixed to the body of vehicle. This device has such a unique advantage that the load cell structure can be attached directly to a real vehicle without any troublesome modification or re-construction in its parts such as wheel shaft, brake drum and likes, thereby enabling real vehicle driving test.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 37 15472 C2

⑳ Aktenzeichen: P 37 15 472.9-52
㉑ Anmeldetag: 8. 5. 87
㉒ Offenlegungstag: 12. 11. 87
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 11. 89

⑥ Int. Cl. 4:
G01 L 5/16
G 01 L 5/20
G 01 L 1/22
G 01 L 3/10
G 01 M 17/02

DE 37 15472 C2

Innerhalb vor. 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④
09.05.86 JP P 61-106963

⑦③ Patentinhaber:
Yamato Scale Co. Ltd., Akashi, Hyogo, JP

⑦④ Vertreter:
von Bezold, D., Dr.rer.nat.; Schütz, P., Dipl.-Ing.;
Heusler, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦⑤ Erfinder:
Yoshikawa, Hirotaka, Kakogawa, Hyogo, JP;
Yoshida, Takeshi, Tatsuno, Hyogo, JP

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

US	44 48 083
US	42 97 877
JP	52-1 33 270
JP	60-38 632

⑥⑤ Einrichtung zum Messen von Kräften und Momenten, welche auf Fahrzeugreifen einwirken

DE 37 15472 C2

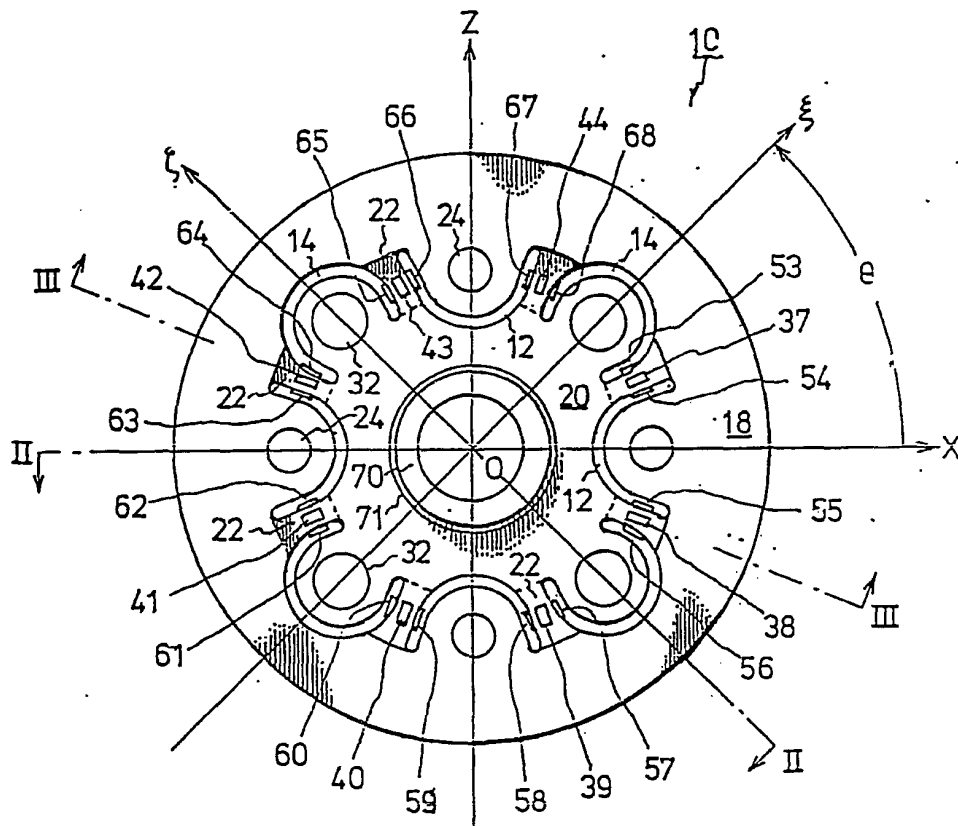


FIG. 1

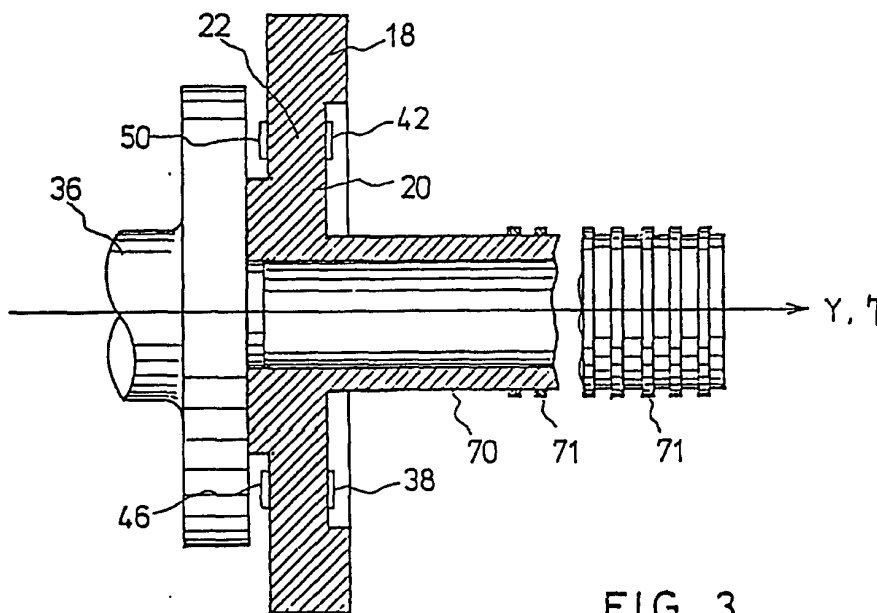


FIG. 3

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Messen der Komponenten von Kräften und Momenten gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Beispiel für eine Kraftmeßeinrichtung zu diesem Zweck ist in der US-PS 44 48 083 beschrieben. Eine derartige bekannte Kraftmeßeinrichtung ist zusammengesetzt aus einem mittleren Nabenteil, einem umgebenden Umfangsteil und zwischen diesen ausgebildeten und an diesen jeweils befestigten flexiblen Teilen mit einer Mehrzahl von Dehnungsmeßelementen und ist dafür vorgesehen, durch Befestigen des Umfangsteils am Fahrzeugkörper mit einem zu testenden Fahrzeug verbunden zu werden, wobei das Nabenteil mittels eines Lagers auf einer mit einem Reifen ausgerüsteten Achse drehbar ist. Daher ist es ziemlich einfach, die Komponenten der Kräfte und Momenten um ein auf dem Fahrzeug feststehendes Koordinatensystem zu erhalten, indem einfach die durch die Dehnungsmeßelemente erhaltenen elektrischen Signale wie in der oben genannten Patentschrift beschrieben, kombiniert werden. Um jedoch eine derartige Kraftmeßeinrichtung an einem üblichen Automobil anzubringen, ist es notwendig, für die Montage Platz zu schaffen, indem die Bremsstrommel entfernt wird, was nicht nur zu einer erheblichen Gefährdung bei Hochgeschwindigkeits-Fahrtests, sondern auch zu erheblichen Schwierigkeiten bei Steuer- oder Schleudertests führt.

In der japanischen Patent-Offenlegungsschrift No. 60-38 632 ist beschrieben worden, eine Kraftmeßeinrichtung so an einer Achse zu befestigen, daß sie sich mit dem Rad dreht. Diese Konstruktion enthält ebenfalls ein mittleres Nabenteil, ein umgebendes Umfangsteil und zwischen diesen Teilen ausgebildete flexible Dehnungsmeßeile, wie die aus dem oben angegebenen Stand der Technik bekannte Konstruktion. Demgegenüber ist jedoch das Nabenteil direkt an der Achse befestigt und der Reifen ist mit dem Umfangsteil über eine modifizierte Felge verbunden. Mit dieser Art der Kraftmeßeinrichtung ist es daher nicht notwendig, irgendeine Modifikation oder Veränderung vorzunehmen, wie das Entfernen der Bremsstrommel vom Fahrzeugkörper, es ist lediglich die Verwendung der modifizierten Felge notwendig, und es ist sogar möglich, alle Räder mit Kraftmeßeinrichtungen auszustatten, und das Fahrzeug ungezwungen und sicher mit einer beliebigen Geschwindigkeit zu fahren. Um die gewünschten Komponenten der Kräfte und Momenten um ein auf dem Fahrzeug feststehendes spezielles Koordinatensystem, wie beim Stand der Technik zu erhalten, müssen die elektrischen Signale von den Dehnungsmeßelementen, welche z. B. über Schleifringe abgenommen werden, in geeigneter Weise durch eine Recheneinrichtung verarbeitet werden. Eine solche Einrichtung ist aus dem oben angegebenen Stand der Technik nicht bekannt.

Aus der US-PS 42 97 877 ist ebenfalls eine Kraftmeßeinrichtung bekannt, die sich zusammen mit dem Rad dreht. Auch diese Kraftmeßeinrichtung enthält zwei elastisch miteinander verbundene Nabenteile mit dazwischen geschalteten Dehnungsmeßstreifen, von denen das eine über eine modifizierte Felge mit dem Rad und das andere über einen Adapter mit der Bremsstrommel oder -scheibe verbunden ist.

Aus der japanischen Patent-Offenlegungsschrift No. 52-133270, die hier zur Bildung des Gattungsbegriffs vorausgesetzt wird, ist eine Einrichtung zum Messen der Komponenten von Kräften und/oder Momenten, die auf einen zu untersuchenden Fahrzeugreifen einwirken, bekannt, bei der sich eine an einer Achse des Fahrzeugs befestigte Mehrkomponenten-Kraftmeßeinrichtung zusammen mit dem Reifen dreht und eine Einrichtung vorgesehen ist, die die jeweiligen Komponenten anzeigende Signale erzeugt, sowie eine Einrichtung, welche diese Signale gleichzeitig aufnimmt und abspeichert.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Einrichtung der vorausgesetzten Art zu schaffen, welche sechs Ausgangssignale erzeugt, die die Komponenten der Kräfte und Momenten um drei orthogonale Achsen eines speziellen, auf dem Fahrzeug feststehenden Koordinatensystems angeben.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Einrichtung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Ansicht einer Mehrkomponenten-Kraftmeßeinrichtung zur Verwendung mit der erfindungsgemäßen Einrichtung;

Fig. 2 zeigt eine seitliche Schnittansicht der Kraftmeßeinrichtung längs der Linie II-II in Fig. 1;

Fig. 3 ist eine geschnittene Seitenansicht der Kraftmeßeinrichtung längs der Linie III-III in Fig. 1 mit einem montierten Autoreifen;

Fig. 4 bis 9 sind schematische Schaltungsdiagramme, in denen die Dehnungsmeßelemente der in Fig. 1 dargestellten Kraftmeßeinrichtung in Brücken geschaltet sind, um elektrische Signale zu erzeugen, welche die sechs Komponenten der Kräfte bzw. Momenten repräsentieren;

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Einrichtung;

Fig. 11 bis 14 zeigen Flußdiagramme zur Darstellung eines Programmbeispiels zum Betrieb der Einrichtung nach Fig. 10 und

Fig. 15a bis 15d zeigen Diagramme, welche Drehstellungen der Kraftmeßeinrichtung nach Fig. 1 darstellen.

Die Fig. 1, 2 und 3 zeigen eine drehbare sechskomponentige Kraftmeßeinrichtung (10) zur Verwendung in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Einrichtung (10) enthält im wesentlichen eine kreisförmige Scheibe eines elastischen Materials mit vier U-förmigen Schlitzen (12), welche kreisförmig mit 90°-Abständen angeordnet sind, und vier umgedrehte U-förmige Schlitze (14), welche ebenfalls in 90°-Abständen zwischen den Schlitzen (12) angeordnet sind. Der ringförmige umgebende Bereich außerhalb der Schlitze (12) und (14) bildet ein verhältnismäßig dickes Umfangs- oder Felgenteil (18) der Einrichtung (10), der mittlere Bereich innerhalb der Schlitze (12) und (14) bildet ein verhältnismäßig dickes Nabenteil (20) der Einrichtung. Der verbleibende Bereich, nämlich die acht schmalen Brückenbereiche zwischen den Beinen der U-förmigen Schlitze (12) und (14) bilden verhältnismäßig dünne flexible Bereiche (22). In dem Felgenteil (18) sind vier Schraublöcher (24) ausgebildet, um

darán mittels Bolzen (26) eine mit einem Automobilreifen (30) versehene Reifenfelge (28) zu befestigen. In das Nabenteil (20) sind vier Durchgangslöcher (32) eingeformt, um die Nabe (20) mittels Bolzen (34) an einer Achse (36) eines Automobils (nicht dargestellt) zu befestigen.

Wie in den Fig. 2 und 3 dargestellt, besteht eine kleine Stufe oder ein Höhenunterschied zwischen den Felgen- und Nabenteilen (18) bzw. (20). Dies dient dazu, das Felgenteil (18) und die flexiblen Teile (22) daran zu hindern, die Achse (36) zu berühren und ebenso das Nabenteil (20) und die flexiblen Teile (22) daran zu hindern, die Reifenfelge (28) zu berühren.

Acht Dehnungsmeßelemente (37) bis (44) sind auf die Vorderseite der jeweiligen flexiblen Teile (22) aufgeklebt und acht korrespondierende Dehnungsmeßelemente (45) bis (52) sind jeweils auf die Rückseiten der flexiblen Teile (22) aufgeklebt. Sechzehn Dehnungsmeßelemente (53) bis (68) sind ebenfalls jeweils auf beide Seitenflächen der flexiblen Teile (22) aufgeklebt, wie in Fig. 1 gezeigt. Bei diesen Dehnungsmeßelementen handelt es sich vorzugsweise um solche mit variablem Widerstand.

Zur Vereinfachung der Beschreibung werden zwei orthogonale Koordinatensysteme, nämlich ein feststehendes und ein rotierendes Koordinatensystem verwendet. Die feststehenden Koordinatenachsen X , Y und Z stehen fest auf dem Körper des Automobils und die rotierenden Koordinatenachsen ξ , η und ζ sind feststehend auf der Kraftmeßeinrichtung (10), welche sich mit der Achse (36) dreht. Die Achsen Y und η fallen beide mit der Drehachse der Achse (36) des Rades oder der Kraftmeßeinrichtung (10) zusammen. Die Achsen X und Z sind jeweils in horizontaler bzw. vertikaler Richtung festgelegt, die Achsen ξ und ζ stehen auf der Kraftmeßeinrichtung (10) fest. Die Achsen X , Z , ξ und ζ liegen alle in einer Vertikalebene, welche in der Mitte der flexiblen Teile (22) verläuft, wie in Fig. 2 gezeigt. In Fig. 1 sind die ξ - und ζ -Achsen gegenüber den X - und Z -Achsen um einen Winkel θ , der gleich 45° ist, verdreht.

Die Dehnungsmeßelemente 37 bis 68 sind in einer Brückenschaltung verbunden, wie in den Fig. 4 bis 9 dargestellt, um aus einer Quellspannung EC elektrische Signale V_{ξ} , V_{η} und V_{ζ} zu erzeugen, welche die abgefügten Kraftkomponenten I_{ξ} , I_{η} und I_{ζ} längs der ξ , η und ζ -Achsen anzeigen sowie elektrische Signale $V_{m\xi}$, $V_{m\eta}$ und $V_{m\zeta}$ welche die Momentenkomponenten m_{ξ} , m_{η} und m_{ζ} um die ξ , η bzw. ζ -Achsen anzeigen. Wenn, wie in den Fig. 1 und 4 z. B. dargestellt, das Nabenteil (20) feststeht und das Felgenteil (18) in die Richtung der ζ -Achse gezwungen wird, erfahren die Dehnungsmeßelemente (53, 60, 62 und 67) eine Kompression und die Dehnungsmeßelemente (54, 59, 61 und 68) eine Dehnung. Dementsprechend kann die Brückenschaltung der Fig. 4 einen Spannungspegel V_{ζ} erzeugen, der die ζ -Komponente der Kraft I_{ζ} anzeigt. Obwohl die Dehnungsmeßelemente (55, 56, 57, 58, 63, 64, 65) und (66) in diesem Fall eine Kompression oder eine Dehnung erfahren können, sind diese in der Schaltung der Fig. 5 weggelassen, da die Größen vernachlässigbar sind. Die übrigen Schaltungen der Fig. 5 bis 9 sollen hier nicht weiter beschrieben werden, da sie ausgehend von der Beschreibung der Fig. 4 selbstverständlich sind und zum Stand der Technik gehören. Die Ausgangsanschlüsse dieser Brückenschaltungen sind verbunden mit Schleifringen (71) auf einer Haspel (70), die sich vom Nabenteil (20) axial nach außen erstreckt, um die Ausgangssignale V_{ξ} , V_{η} , V_{ζ} , $V_{m\xi}$, $V_{m\eta}$ und $V_{m\zeta}$ durch die erfindungsgemäße Einrichtung, wie weiter unten beschrieben, zu verarbeiten, um daraus die korrespondierenden Kraftkomponenten F_x , F_y und F_z und die Momentenkomponenten M_x , M_y und M_z längs bzw. um die X -, Y - und Z -Achsen zu erhalten.

Wie in Fig. 10 dargestellt, enthält die erfindungsgemäße Einrichtung eine Halteschaltung (76) zur Aufnahme der oben genannten Ausgangssignale V_{ξ} , V_{η} , V_{ζ} , $V_{m\xi}$, $V_{m\eta}$ und $V_{m\zeta}$ welche von den Brückenschaltungen der Fig. 4 bis 9 über die Verstärker (74a) bis (74f) jeweils zugeführt werden, und diese entsprechend einem von einer zentralen Recheneinheit (CPU 78) zugeführten Haltekommando zu halten. Diese Signale werden dann einem Multiplexer (80) zugeführt, welcher auf ein Schaltsignal von der CPU (78) anspricht, um nacheinander die Eingangssignale einem Analog-Digital-Wandler A/D (80) zuzuführen. Der A/D-Wandler (80) spricht an auf ein Kommandosignal von der CPU (78), um die Eingangssignale in digitale Form zu verwandeln und führt diese der CPU (78) zu.

Weiter enthält die Einrichtung einen Impulsgenerator (84), der mit der Achse verblockt ist, um der CPU (78) einen Impulszug mit Drehintervallen von z. B. $0,1^\circ$ zuzuführen. Anstatt des Impulsgenerators (84) kann ein (nicht dargestellter) Winkelgenerator verwendet werden, um ein Signal zu erzeugen, das den Drehwinkel zwischen X - und der ξ -Achse in Einheiten von z. B. $0,1^\circ$ repräsentiert. Das Impulssignal vom Impulsgenerator (84) wird in der CPU (78) in ein Winkelsignal umgewandelt, das dem Drehwinkel θ der Drehung entspricht. Weiter ist die CPU (78) mit einem Lesespeicher (ROM) (86) und einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) (88) ausgerüstet zum Speichern der Ausgangssignale A/D-Wandler (82) und des Winkelsignals im RAM (88) gemäß einem vorher im ROM (86) gespeicherten Programm, oder um arithmetische Operationen durchzuführen, die Daten mit dem RAM (88) auszutauschen und dort Resultate zu speichern. Die Einrichtung enthält weiter einen Taktgenerator (90), um ein im Detail später beschriebenes Eingriffsprogramm ablaufen zu lassen, eine Eingabeeinheit (92) zur Zuführung von Signalen an die CPU (78) zur Spezifizierung des Starts und des Endes der Messung, eine Anzeigeeinheit (94) zur Anzeige verschiedener Daten und eine Ausgabeeinheit (96) zum Liefern der im RAM (88) abgespeicherten Rechenresultate an einen anderen Computer u. ä. Obwohl die Einrichtung weiterhin Schnittstellen zwischen der CPU (78) und der Halteschaltung (76), sowie dem Impulsgenerator (84) oder Winkelgenerator, im Taktgeber (90), der Eingabe (92), der Anzeigeeinheit (94) und der Ausgabeeinheit (96) enthält, sind diese weder gezeigt noch beschrieben, da sie in keinem direkten Zusammenhang zu der Erfindung stehen.

Nun wird die Betriebsweise der CPU (78) unter Bezugnahme der Flußdiagramme der Fig. 11 bis 14 beschrieben. Das in Fig. 11 gezeigte Datenverarbeitungsprogramm besteht im wesentlichen in zwei Teilen. Im ersten Teil werden die Halteschaltung (76), der Multiplexer (80) und der A/D-Wandler (82) gesteuert, um die Signale aus den entsprechenden Brückenschaltungen der Fig. 4 bis 9 in digitale Signale zu verwandeln. Diese Umwandlung erfolgt entsprechend einem Eingriffsprogramm, wie in Fig. 14 gezeigt, in vorgegebenen Zeit- oder Winkelintervallen. Dieses Programm erzeugt ein den Drehwinkel θ in vorgegebenen Zeit- oder Winkelintervallen

angegebenes Signal, z. B. in Intervallen von 1 Sekunde oder 1 Grad. Im zweiten Teil des Verarbeitungsprogramms werden die digitalen Signale über die Komponenten der Kräfte und Momenten und des Winkelsignals im RAM (88) abgespeichert und in der CPU (78) arithmetisch verarbeitet. Das Resultat der Operation wird im RAM (88) abgespeichert. Es können zwei alternative Betriebsarten für die arithmetische Operation verwendet werden. In der ersten Betriebsart werden die Kraftkomponenten F_x , F_y und F_z und Momentenkomponenten M_x , M_y und M_z berechnet unter Verwendung der Sinus- und Cosinus-Werte des laufenden Drehwinkels in vorgegebenen Zeit- oder Winkelintervallen und, in der zweiten Betriebsart, werden die Polaritäten der jeweiligen Komponentensignale bei den Drehwinkeln 90, 180 und 270 Grad entsprechend invertiert. Das Verarbeitungsprogramm leistet also sechs Prozesse, wie im folgenden beschrieben:

- 1) Die laufenden Komponentensignale und das Signal für den laufenden Winkel werden in vorgegebenen Zeitintervallen gespeichert.
- 2) Die laufenden Komponentensignale und das laufende Signal für den Winkel werden in vorgegebenen Winkelintervallen gespeichert.
- 3) Die gewünschten Komponenten der Kräfte und Momenten werden in vorgegebenen Zeitintervallen unter Verwendung der Sinus- und Cosinus-Werte des laufenden Drehwinkels berechnet.
- 4) Die gewünschten Komponenten der Kräfte und Momenten werden in vorgegebenen Winkelintervallen unter Verwendung der Sinus- und Cosinus-Werte des laufenden Drehwinkels berechnet.
- 5) Die laufenden Komponentensignale und das Signal für den laufenden Winkel werden in Intervallen von 90, 180 oder 360 Grad gespeichert.
- 6) Die Polaritäten der jeweiligen Komponentensignale werden entsprechend dem laufenden Drehwinkel invertiert und die gewünschten Komponenten der Kräfte und Momenten in Winkelintervallen von 90, 180 und 360 Grad berechnet und gespeichert.

Einer dieser Verarbeitungsabläufe wird durch eine geeignete vorher erfolgende Eingabe über die Eingabeeinheit (92) spezifiziert.

Das Eingriffsprogramm wird zunächst unter Bezugnahme auf Fig. 14 beschrieben. Das Hauptverarbeitungsprogramm der Fig. 11 wird unterbrochen und das Eingriffsprogramm wird durchgeführt in Abhängigkeit von jedem vom Taktgenerator (90) zugeführten Taktimpuls und ebenso in Abhängigkeit von jedem vom Impulsgenerator (92) zugeführten Winkelimpuls (oder jedem vom Winkelgenerator zugeführten Winkelsignal). Im folgenden sei z. B. angenommen, daß die Periode der Taktimpulse 0,1 Sekunden beträgt und daß die Zeit repräsentiert wird durch einen Digitalwert, der die Anzahl derartiger 0,1-Sekunden-Einheiten repräsentiert, und daß das Intervall der Winkelimpulse 0,1 Grad beträgt und daß der Drehwinkel durch einen Digitalwert entsprechend derartiger Einheiten, wie z. B. 0,1 Grad, repräsentiert wird. Weiter sei angenommen, daß über die Eingabeeinheit (92) die Anweisung erfolgt ist, in vorgegebenen Winkelintervallen die Werte für den Drehwinkel aufzunehmen.

In dem ersten Programmschritt (101) wird abgefragt, ob eine Unterbrechung des Programms aufgrund eines Taktimpulses erfolgen soll oder nicht. Wenn "JA", dann wird weiter in Schritt (102) abgefragt, ob in vorgegebenen Zeitintervallen Werte für die Winkeldaten genommen werden sollen oder nicht. Die Antwort lautet (in diesem Beispiel) "NEIN", da die Daten in vorgegebenen Winkelintervallen genommen werden sollen, wie oben angenommen. Daher wird im Schritt (103) weitergefragt, ob die Unterbrechung aufgrund des Winkelsignals erfolgen soll oder nicht. Diese Frage ist eine Umdrehung der in dem ersten Schritt (101) vorgenommenen zum Zwecke der doppelten Absicherung und die Antwort lautet "NEIN" in diesem Fall. Daher kehrt das Programm zurück zum Hauptverarbeitungsprogramm.

Falls das Programm durch das vom Impulsgenerator (84) oder vom (nicht dargestellten) Winkelgenerator herrührende Winkelsignal unterbrochen ist, lautet die Antwort im Schritt (101) "NEIN" und die Antwort im Schritt (103) lautet "JA". Daher wird im Programmschritt (104) gefragt, ob der Impulsgenerator verwendet wird oder nicht. Wenn der Winkelgenerator verwendet wird anstelle des Impulsgenerators, dann lautet die Antwort "NEIN", und der Wert für den laufenden Drehwinkel, welcher durch den Winkelgenerator erzeugt wird, wird in einem in der CPU (78) enthaltenen "C1-Register" abgespeichert. Wenn der Impulsgenerator (84) anstelle des Winkelgenerators verwendet wird, lautet die Antwort im Programmschritt (104) "JA", und der Inhalt des C1-Registers wird im Schritt (106) um eins inkrementiert. Danach wird im Schritt (107) abgefragt, ob der Inhalt des C1-Registers 3600 überschritten hat, d. h., ob die Achse des Rades eine komplette Drehung durchgeführt hat oder nicht. Falls die Antwort "JA" lautet, wird das C1-Register im Schritt (108) auf null zurückgesetzt und Schritt (109) folgt. Das Ausgangssignal des Impulsgenerators (84) ist lediglich ein Zug von in 0,1-Grad-Intervallen auftretenden Impulsen, während das Ausgangssignal des Winkelgenerators (nicht dargestellt) ein digitales Signal ist, welches den laufenden Drehwinkel anzeigt und automatisch nach jeder vollständigen Umdrehung auf null zurückspringt. Die Programmschritte (106) und (108) dienen dazu, die Winkelimpulse in Signale umzuwandeln, welche den Winkel anzeigen. Im nächsten Programmschritt (109), welcher auch auf den Programmschritt (105) oder (107), wie gezeigt, folgen kann, wird wiederum abgefragt, ob die Winkeldaten in vorgegebenen Zeitintervallen abgefragt werden sollen oder nicht. Diese Abfrage ist die gleiche wie im Programmschritt (102) und daher lautet aus demselben Grund die Antwort "NEIN". Daher wird weiter gefragt im Programmschritt (110), ob der Inhalt des C1-Registers der gleiche ist wie der Inhalt des C2-Registers oder nicht. Das C1-Register speichert bis dahin einen Digitalwert, der das vorgegebene Winkelintervall anzeigt, in welchem die gewünschten Daten abgefragt werden sollen. Falls die Antwort "NEIN" lautet, so springt das Programm zurück in das ursprüngliche Verarbeitungsprogramm, wenn die Antwort "JA" lautet, wird im Programmschritt (111) das C2-Register auf den nächsten Wert gesetzt. Genauer gesagt, wird der Inhalt des C2-Registers um einen Wert, der mit dem vorgegebenen Winkelintervall korrespondiert, inkrementiert. Daher nimmt der Inhalt des C2-Registers jedesmal zu um ein ganzzahliges Vielfaches des vorgegebenen Winkelintervalls. Im nächsten Programmschritt (112) wird abge-

fragt, ob ein Verarbeitungskennzeichen oder Flag (PF) "1" ist oder nicht. Das Verarbeitungskennzeichen wird benutzt, um für den A/D-Wandler die Art der A/D-Umwandlung unterscheidbar zu machen, und wird auf "1" gesetzt bei Beginn der A/D-Umwandlung und wird auf "0" zurückgesetzt an deren Ende, wie später beschrieben wird. Wenn PF ist gleich "1" ("JA"), dann kehrt das Programm in das ursprüngliche Programm zurück, jedoch wenn PF ist gleich "0" ("NEIN"), werden die analogen Eingangssignale V_{f_1} , V_{f_2} , V_{f_3} , V_{m_1} , V_{m_2} und V_{m_3} durch die Halteschaltung (76) im Programmschritt (113) gehalten und der Inhalt des C1-Registers wird in ein C4-Register zur Verwendung in der CPU (78) übertragen. Daher endet das Eingriffsprogramm, und das Verarbeitungsprogramm wird wieder aufgenommen. Als Folge werden die Komponenten der Kräfte und Momenten anzeigenden Signale und die korrespondierende den Drehwinkel anzeigende Information in vorgegebenen Winkelintervallen, welche durch das C2-Register vorgegeben werden, abgefragt.

Anstatt der oben genannten Annahme wird nun angenommen, daß anfangs über die Eingabeeinheit (92) die Anweisung gegeben worden ist, die Werte für den Drehwinkel in vorgegebenen Zeitintervallen zu nehmen. In diesem Fall sind die Antworten in den Schritten (102) und (109) jeweils "JA". Daher wird der Inhalt des T1-Registers jedesmal um eins erhöht, wenn der Taktimpuls das Programm unterbricht. Wie oben angenommen, entspricht dieses Inkrement 0,1 Sekunden. Dann wird im Schritt (116) abgefragt, ob der Inhalt des T1-Registers den Inhalt des T2-Registers überschreitet oder nicht. Das T2-Register speichert im vorhinein einen Digitalwert, der das vorgegebene Zeitintervall angibt, mit dem die gewünschten Daten abzufragen sind. Wenn der Inhalt des T1-Registers gleich dem des T2-Registers wird, wird im Programmschritt (117) gefragt, ob das Verarbeitungskennzeichen PF auf "1" steht oder nicht. Als "NEIN" wird das T1-Register im Programmschritt (118) auf null zurückgesetzt und das Programm kehrt in das Hauptprogramm zurück, falls jedoch dieses Kennzeichen auf "0" steht, werden im Programmschritt (118) die die Komponenten der Kräfte und Momenten anzeigenden Analogsignale durch die Halteschaltung (76) gehalten und das T1-Register wird im Schritt (119) auf null zurückgesetzt. Wenn im Programmschritt (117) das Kennzeichen auf "1" steht, werden die Werte dagegen nicht gehalten.

Während die Schritte (103) bis (108) in ähnlicher Weise durchgeführt werden, lautet in jedem Fall die Antwort im Schritt (109) "JA", und es wird im Schritt (120) gefragt, ob das Verarbeitungskennzeichen "1" zeigt oder nicht. Wenn nicht, wird der den laufenden Drehwinkel anzeigende Inhalt im Programmschritt (121) in das C4-Register umgespeichert, das Programm kehrt jedoch in das Hauptprogramm zurück, wenn das Kennzeichen im Schritt (120) "1" anzeigt.

In dem in Fig. 11 gezeigten Verarbeitungsprogramm wird im Schritt (122) zunächst gefragt, ob im Schritt (118) das Haltekommando gegeben worden ist oder nicht. Wenn ja, wird im Schritt (123) weiterhin gefragt, ob das Verarbeitungskennzeichen auf "1" steht oder nicht. Falls "NEIN", wird dieses Kennzeichen im Schritt (124) auf "1" gesetzt, und es wird im Schritt (125) gefragt, ob der Haltevorgang abgeschlossen ist oder nicht. Wenn ja, dann wird das Haltekommando im Schritt (126) zurückgesetzt und die A/D-Umwandlung startet, ein Umwandlungskennzeichen oder Flag (CF) wird auf "1" gesetzt und der Multiplexer (80) wird so gesteuert, daß er im Programmschritt (127) die analogen Eingangssignale sequentiell von der Halteschaltung (76) dem A/D-Wandler (82) zuführt; das Umwandlungskennzeichen wird dazu genutzt, durch seinen logischen "1" Pegel kenntlich zu machen, daß der A/D-Wandler (82) eine Umwandlung durchführt. Dann wird im Schritt (128) abgefragt, ob das Umwandlungskennzeichen auf "1" steht oder nicht und, falls "JA", wie in diesem Fall, wird im Schritt (129) weitergefragt, ob die Umwandlungsoperation schon beendet ist oder nicht. Wenn die Antwort "JA" lautet, wird im Programmschritt (130) die Verarbeitung der Daten durchgeführt, und das Umwandlungskennzeichen und das Verarbeitungskennzeichen werden auf "0" zurückgesetzt, und im Programmschritt (131) das Haltekommando von der Halteschaltung (80) aufgehoben. Dann kehrt das Programm zum ersten Schritt (122) zurück und wird in ähnlicher Weise wiederholt. Falls im Programmschritt (123) die Antwort "JA" lautet, so folgt Schritt (125) und, falls die Antwort im Schritt (122) oder im Schritt (125) "NEIN" lautet, dann springt das Programm zum Schritt (128). Falls im Schritt (128) oder (129) "NEIN" der Fall ist, folgt der Schritt (122).

Nunmehr wird Bezug genommen auf die Fig. 12, die ein detailliertes Ausführungsbeispiel des oben genannten Datenverarbeitungsschrittes (130) darstellt, wo zunächst in einem Programmschritt (132) abgefragt wird, ob über die Eingabeeinheit (92) eine Betriebsart "Speichern" oder "Rechnen" eingegeben worden ist. Falls die Speicherbetriebsart spezifiziert worden ist, werden die laufenden Eingangssignale der Halteschaltung (76) A/D-gewandelt und im RAM (88) zusammen mit dem Digitalwert des laufenden Drehwinkels im Programmschritt (133) abgespeichert. Es sind drei Betriebsarten für diese Speicheroperation vorgesehen, wie oben unter den Punkten 1), 2) und 5) angegeben. Die anzuwendende Betriebsart wird über die Eingabeeinheit (92) spezifiziert. Die gespeicherten Daten werden von der Ausgabeeinheit (96) zu einer getrennten Verarbeitungseinrichtung, wie einem (nicht dargestellten) Computer, zugeführt zur arithmetischen Verarbeitung in einer ähnlichen Weise, wie später beschrieben.

Wenn die Antwort im Schritt (132) "Rechnen" lautet, werden nacheinander in Programmschritten (134, 135) und (136) Operationen zur Skalierung, Störungskompensation und zur Nullpunkt-Korrektur durchgeführt, wie später noch genauer beschrieben werden wird. Danach wird im Schritt (137) gefragt, in welcher Betriebsart die Messung durchgeführt werden soll, ob "vielfach" oder "getaktet". Die Betriebsart "vielfach" für die Messung bedeutet entweder eine Betriebsart, wie unter den oben angegebenen Punkten 3) oder 4) bezeichnet, d. h. die Messung wird durchgeführt mit vorgegebenen Zeit- oder Winkelintervallen, während die Betriebsart "getaktet" für die Messung bedeutet, daß eine Messung, wie oben unter Punkt 6) angegeben, durchgeführt wird, d. h., die Messung wird zu vorgegebenen Drehwinkeln durchgeführt.

Wenn die Vielfach-Messung spezifiziert ist, wird die Koordinatentransformation im Programmschritt (138) durchgeführt vor dem oben bezeichneten Speicherschritt (133), wie später noch genauer ausgeführt. Wenn die getaktete Messung spezifiziert ist, wird die Vorzeichenumkehrung im Programmschritt (139) anstelle in Schritt (138) durchgeführt, wie ebenfalls noch später genauer angegeben.

Bei der Skalierung im Programmschritt (134) werden die digitalisierten Ausgangssignale des A/D-Konverters (82), welche die gemessenen Komponenten $f_{\xi}, f_{\eta}, f_{\zeta}, m_{\xi}, m_{\eta}$ und m_{ζ} jeweils mit vorgegebenen Skalierungsfaktoren k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 und k_6 multipliziert, um die Produkte $f_{\xi}', f_{\eta}', f_{\zeta}', m_{\xi}', m_{\eta}'$ und m_{ζ}' (wobei $f_{\xi}' = k_1 \cdot f_{\xi}$, $f_{\eta}' = k_2 \cdot f_{\eta}$ etc.). Die Faktoren k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 und k_6 werden jeweils als Quotienten $f_{\xi}/f_{\xi_0}, f_{\eta}/f_{\eta_0}, f_{\zeta}/f_{\zeta_0}, m_{\xi}/m_{\xi_0}, m_{\eta}/m_{\eta_0}$ und m_{ζ}/m_{ζ_0} wobei f_{ξ_0}, f_{η_0} und f_{ζ_0} die Ausgangswerte des A/D-Wandlers (82) sind, wenn eine Kraft f jeweils längs der ξ -, η - und ζ -Achsen einwirkt, und m_{ξ_0}, m_{η_0} und m_{ζ_0} die Ausgangswerte des A/D-Wandlers (82) sind, wenn ein Moment m jeweils um die ξ -, η - und ζ -Achsen wirkt. Als Resultat dieser Skalierung können die Analogwerte der jeweiliger Komponenten der Kräfte und Momenten so wie sie gemessen werden über die Anzeigeeinheit (94) angezeigt werden.

Wenn z. B. nur eine Kraft längs der ξ -Achse und nur ein Moment um die ξ -Achse wirkt, sollten nur die Komponenten f_{ξ}' und m_{ξ}' auftreten, jedoch nicht die anderen Komponenten. Dies ist im allgemeinen nicht der Fall und es können andere Komponenten auftreten aufgrund der gegenseitigen Störung dieser Kraft- und Momentenkomponenten. Die Störungskompensation in Schritt (135) wird durchgeführt um solche Fehler aufgrund von Störungen zu eliminieren. Zu diesem Zweck werden die folgenden Störungsfaktoren K_{11} bis K_{66} vorher für $f_{\xi}', f_{\eta}', f_{\zeta}', m_{\xi}', m_{\eta}'$ und m_{ζ}' bestimmt und im ROM (86) abgespeichert.

Tabelle

	f_{ξ}'	f_{η}'	f_{ζ}'	m_{ξ}'	m_{η}'	m_{ζ}'
20	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}
	K_{21}	K_{22}	K_{23}	K_{24}	K_{25}	K_{26}
	K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{35}	K_{36}
25	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{44}	K_{45}	K_{46}
	K_{51}	K_{52}	K_{53}	K_{54}	K_{55}	K_{56}
	K_{61}	K_{62}	K_{63}	K_{64}	K_{65}	K_{66}

(1)

Wenn z. B. die skalierten Werte der jeweiligen Komponenten $f_{\xi}', f_{\eta}', f_{\zeta}', m_{\xi}', m_{\eta}'$ und m_{ζ}' +100 kg, +2 kg, -1 kg, +2 kgm, -1 kgm und +2 kgm betragen, wenn eine Kraft von 100 kg in Richtung der ξ -Achse einwirkt, werden die Faktoren $K_{11}, K_{21}, K_{31}, K_{41}, K_{51}$ und K_{61} jeweils festgelegt zu 1, 2/100, -1/100, 2/100, -1/100 und 2/100. Die Faktoren K_{12} bis K_{62} und K_{13} bis K_{63} werden jeweils durch Einwirken einer Kraft längs der η bzw. ζ -Achse bestimmt. Wünschenswerterweise sind die angelegten Kräfte für alle Achsen dieselben. Die Faktoren K_{14} bis K_{64}, K_{15} bis K_{65} und K_{16} bis K_{66} werden in ähnlicher Weise durch Einwirken von

35 Momenten um die ξ -, η - bzw. ζ -Achsen bestimmt. Vorzugsweise sind diese Momenten dieselben.

Die Werte $F_{\xi}, F_{\eta}, F_{\zeta}, M_{\xi}, M_{\eta}$ und M_{ζ} als störungskompensierte Werte von $f_{\xi}', f_{\eta}', f_{\zeta}', m_{\xi}', m_{\eta}'$ und m_{ζ}' werden durch folgende Gleichungen berechnet:

$$\begin{aligned}
 F_{\xi} &= K_{11} \cdot f_{\xi}' - K_{12} \cdot f_{\eta}' - K_{13} \cdot f_{\zeta}' - K_{14} \cdot m_{\xi}' - K_{15} \cdot m_{\eta}' - K_{16} \cdot m_{\zeta}' \\
 F_{\eta} &= -K_{21} \cdot f_{\xi}' + K_{22} \cdot f_{\eta}' - K_{23} \cdot f_{\zeta}' - K_{24} \cdot m_{\xi}' - K_{25} \cdot m_{\eta}' - K_{26} \cdot m_{\zeta}' \\
 F_{\zeta} &= -K_{31} \cdot f_{\xi}' - K_{32} \cdot f_{\eta}' + K_{33} \cdot f_{\zeta}' - K_{34} \cdot m_{\xi}' - K_{35} \cdot m_{\eta}' - K_{36} \cdot m_{\zeta}' \\
 M_{\xi} &= -K_{41} \cdot f_{\xi}' - K_{42} \cdot f_{\eta}' - K_{43} \cdot f_{\zeta}' + K_{44} \cdot m_{\xi}' - K_{45} \cdot m_{\eta}' - K_{46} \cdot m_{\zeta}' \\
 M_{\eta} &= -K_{51} \cdot f_{\xi}' - K_{52} \cdot f_{\eta}' - K_{53} \cdot f_{\zeta}' - K_{54} \cdot m_{\xi}' + K_{55} \cdot m_{\eta}' - K_{56} \cdot m_{\zeta}' \\
 M_{\zeta} &= -K_{61} \cdot f_{\xi}' - K_{62} \cdot f_{\eta}' - K_{63} \cdot f_{\zeta}' - K_{64} \cdot m_{\xi}' - K_{65} \cdot m_{\eta}' + K_{66} \cdot m_{\zeta}' \quad (2)
 \end{aligned}$$

Wenn ein Reifen (30) in Kontakt gebracht wird mit einer Straßenoberfläche, dann wirkt das Gewicht des Reifens auf die Kraftmeßeinrichtung (10) ein und erzeugt entsprechende Ausgangssignalkomponenten der jeweiligen Brückenschaltungen der Fig. 4 bis 9, welche zu Nullpunktverschiebungsfehlern führen. Zur Behebung solcher Fehler wird die Nullpunkt Korrektur durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die obengenannten skalierten und störungskompensierten Werte $F_{\xi}, F_{\eta}, F_{\zeta}, M_{\xi}, M_{\eta}$ und M_{ζ} zu vorgegebenen Winkelintervallen Θ abgetastet, wobei der Reifen (30) von der Straßenoberfläche entfernt ist und im ROM (116) abgespeichert. Die abgespeicherten Werte werden als $F_{\xi\Theta}, F_{\eta\Theta}, F_{\zeta\Theta}$ bzw. $M_{\xi\Theta}, M_{\eta\Theta}, M_{\zeta\Theta}$ bezeichnet. Bei der Nullpunkt Korrektur werden die gespeicherten Werte jeweils von dem laufenden Wert für $F_{\xi}, F_{\eta}, F_{\zeta}, M_{\xi}, M_{\eta}$ und M_{ζ} abgezogen, um die nullpunktkorrigierten Werte $F_{\xi}', F_{\eta}', F_{\zeta}', M_{\xi}', M_{\eta}'$ und M_{ζ}' zu erhalten.

Die Koordinatentransformation wird durchgeführt, damit die obengenannten nullpunktkorrigierten Werte $F_{\xi}', F_{\eta}', F_{\zeta}', M_{\xi}', M_{\eta}'$ und M_{ζ}' , welche bezogen sind auf das rotierende Koordinatensystem (ξ, η, ζ), welches mit der Kraftmeßeinrichtung (10) verbunden ist, in die Werte F_x, F_y, F_z, M_x, M_y und M_z umgewandelt werden, welche auf das feststehende Koordinatensystem (X, Y, Z) bezogen sind, welches auf dem Automobil feststeht, basierend auf dem laufenden Wert Θ des Drehwinkels des rotierenden Koordinatensystems gegenüber dem feststehenden Koordinatensystem. In dem Fall, daß die Kraftmeßeinrichtung (10) im Gegenurzeigersinn rotiert, wie in Fig. 1 gezeigt, dann erfolgt die Transformation entsprechend folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 F_x &= F_{\xi}' \cos \Theta - F_{\eta}' \sin \Theta \\
 F_z &= F_{\xi}' \sin \Theta + F_{\eta}' \cos \Theta \\
 M_x &= M_{\xi}' \cos \Theta - M_{\eta}' \sin \Theta \\
 M_z &= M_{\xi}' \sin \Theta + M_{\eta}' \cos \Theta \\
 F_y &= F_{\zeta}' \quad M_y = M_{\zeta}' \quad (3)
 \end{aligned}$$

Wenn die Drehung im Uhrzeigersinn erfolgt, dann werden stattdessen die folgenden Gleichungen Anwendung finden:

$$\begin{aligned} F_x &= F'_x \cos \Theta + F'_y \sin \Theta \\ F_z &= -F'_x \sin \Theta + F'_y \cos \Theta \\ M_x &= M'_x \cos \Theta + M'_y \sin \Theta \\ M_z &= -M'_x \sin \Theta + M'_y \cos \Theta \\ F_y &= F'_y, \quad M_y = M'_y \quad (4) \end{aligned}$$

Die Vorzeichenumkehr wird verwendet zum Berechnen der Werte von F_x , F_y , F_z , M_x , M_y und M_z aus F'_x , F'_y , F'_z , M'_x , M'_y , und M'_z anstelle der Koordinatentransformation. Diese Operation findet Anwendung, wenn die Komponenten der Kräfte und Momenten in 90°-Intervallen gemessen werden. Genauer heißt das, daß die Kräfte F_x und F_z jeweils mit F'_x bzw. F'_z zusammenfallen, wenn der Drehwinkel Null beträgt, wie in Fig. 15(a) gezeigt, mit $-F'_x$ bzw. F'_z zusammenfallen, wenn der Drehwinkel 90° beträgt, mit $-F'_x$ bzw. F'_z zusammenfallen, wenn der Drehwinkel 180° beträgt und mit F'_x bzw. $-F'_z$ zusammenfallen, wenn der Drehwinkel 270° beträgt. Ähnliche Verhältnisse bestehen für die Komponenten der Momenten.

In einem Programm für diese Vorzeichenumkehr wird, wie in Fig. 13 gezeigt, zuerst in einem Programmschritt (140) abgefragt, bei welchen Drehwinkeln die Daten abgefragt werden sollen. Entsprechend mit der Antwort in diesem Programmschritt wird geschlossen, daß F_x , F_y , F_z , M_x , M_y und M_z jeweils gleich sind mit F'_x , F'_y , F'_z , M'_x , M'_y und M'_z bei 0° (Programmschritt (141)), bzw. mit $-F'_x$, F'_y , F'_z , $-M'_x$, M'_y und M'_z bei 90° (Programmschritt (142)), bzw. mit $-F'_x$, F'_y , $-F'_z$, $-M'_x$, M'_y und $-M'_z$ bei 180° (Programmschritt (143)) bzw. mit F'_x , F'_y , $-F'_z$, M'_x , M'_y und $-M'_z$ bei 270° (Programmschritt (144)). Falls die Drehung im Uhrzeigersinn erfolgt, dann werden die Programmschritte (142) und (144) vertauscht.

Anstelle in 90°-Intervallen können die Daten auch in z. B. 180° oder 360°-Intervallen eingelesen werden. Im Falle von 360°-Intervallen, fallen die beiden Koordinatensysteme stets zusammen und alle korrespondierenden Komponenten von Kräften und Momenten sind einander gleich.

Bei bestimmten Ausführungsbeispielen kann z. B. die Störungskompensation überflüssig sein, wenn in der speziellen verwendeten Kraftmeßeinrichtung (10) eine gegenseitige Beeinflussung nicht auftritt. Auch kann die Störungskompensation nach der Nullpunktskorrektur erfolgen, jedoch unterscheiden sich dann die zur Anwendung kommenden Faktoren von den oben beschriebenen. Die Skalierung kann auch vor dem Programmschritt (132) erfolgen. Diese Operation kann weggelassen werden aus dem Programm, wenn sie vor den Verstärkern (74) erfolgt.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Messen der Komponenten von Kräften und/oder Momenten, die auf einen zu untersuchenden Fahrzeugreifen einwirken, mit
 - einer Mehrkomponenten-Kraftmeßeinrichtung (10), die an einer Achse (36) eines Fahrzeuges zusammen mit dem zu untersuchenden Reifen drehbar befestigt ist und erste elektrische Signale, welche axiale Komponenten der Kräfte und/oder Momente bezüglich eines auf der Achse (36) feststehenden, rotierenden Koordinatensystems (ξ, η, ζ) anzeigt und ein zweites elektrisches Signal, das dem Drehwinkel Θ der Achse (36) bezüglich eines mit dem Körper des Fahrzeuges verbundenen, feststehenden Koordinatensystems (X, Y, Z) anzeigt, erzeugt,
 - einer Tasteinrichtung (76), welche die ersten Signale und das zweite Signal gleichzeitig satzweise aufnimmt,
 - einer Recheneinrichtung (78, 86, 88) die den aufgenommenen Satz der ersten und zweiten Signale verarbeitet, und
 - einem Rechenpeicher (88), der die Ausgangssignale der Recheneinrichtung speichert, gekennzeichnet durch
 - einen Anfangswertspeicher, welcher Signale speichert, die die Anfangswerte der Komponenten im unbelasteten Fall bezüglich verschiedener Werte des Drehwinkels Θ der Achse (36) des Fahrzeuges anzeigen,
 - eine Nullwertkorrektureinrichtung, welche den aufgenommenen Satz der ersten und zweiten Signale zugeführt bekommt und von dem Anfangswertspeicher einen Satz von Signalen einliest, der die Anfangswerte der Komponenten im unbelasteten Fall anzeigt und dem durch das zweite Signal spezifizierten Drehwinkel Θ entspricht, und diesen von dem ersten Signal subtrahiert, um Nettowerte der Komponenten zu berechnen, und
 - eine Koordinatenumwandlungseinrichtung, die zwei aufeinander orthogonale Komponenten der Kräfte oder Momente der Nettowerte, die senkrecht stehen auf der Drehachse Y der Achse (36) des Rades, aufnimmt und diese auf der Basis des durch das zweite Signal spezifizierten Drehwinkels Θ in horizontale und vertikale Komponenten der Kräfte oder Momente umwandelt, die auf der Drehachse Y senkrecht stehen und sich auf das stationäre Koordinatensystem (X, Y, Z) beziehen.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nullwertkorrektureinrichtung eine erste Kompensationseinrichtung enthält, die gegenseitige Störungen der ersten Signale in jedem der aufgenommenen Sätze kompensiert bevor die Anfangssignale für den unbelasteten Fall abgezogen werden.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinrichtung (78, 86, 88) weiter eine zweite Kompensationseinrichtung enthält, die gegenseitige Störungen der Nettowerte von der Nullwertkorrektureinrichtung vor der Zuführung zu der Koordinatenumwandlungseinrichtung kompen-

siert.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinrichtung (78, 86, 88) weiter einen Eingangsspeicher enthält, welcher die aufgenommenen Sätze der ersten und zweiten Signale sequentiell speichert, sowie eine Leseinrichtung, die die gespeicherten Sätze der ersten und zweiten Signale sequentiell liest und diese der Nullwertkorrekturereinrichtung als aufgenommenen Satz der ersten und zweiten Signale zuführt.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

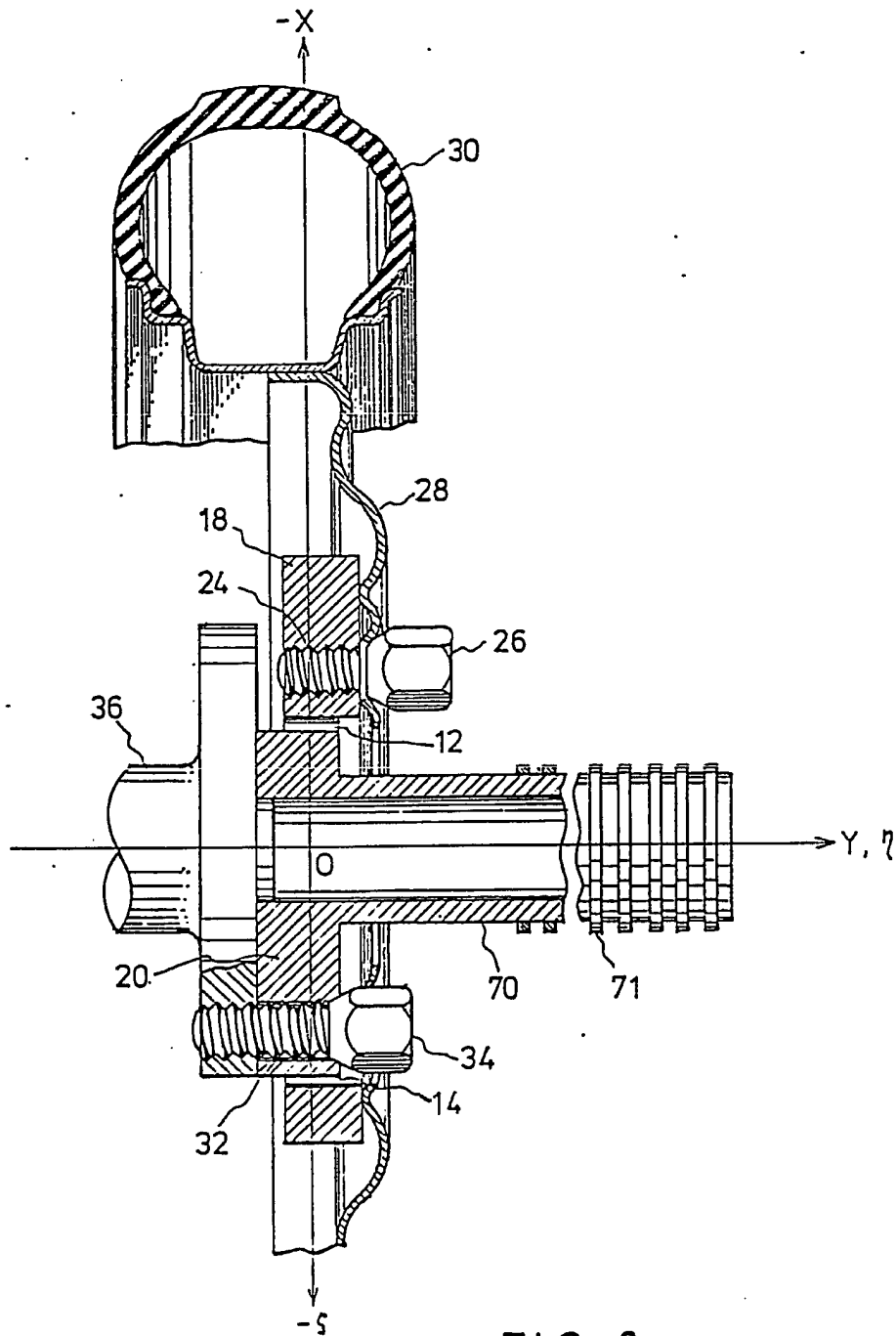


FIG. 2

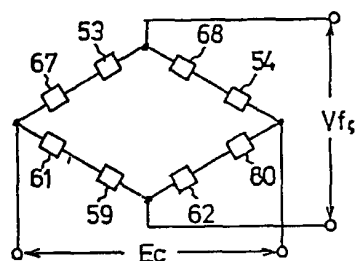


FIG. 4

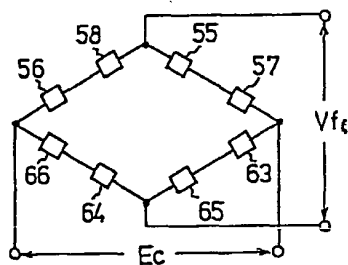


FIG. 5

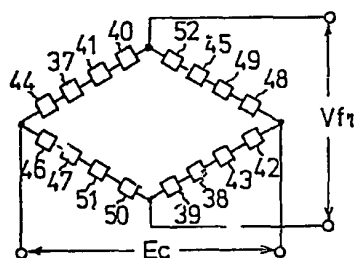


FIG. 6

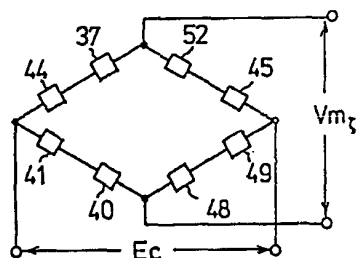


FIG. 7

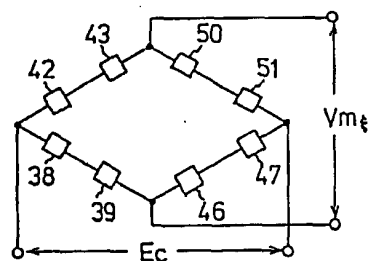


FIG. 8

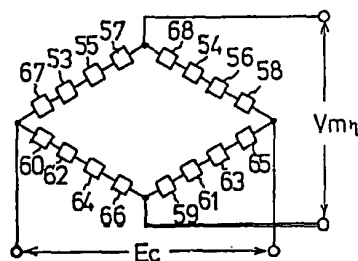


FIG. 9

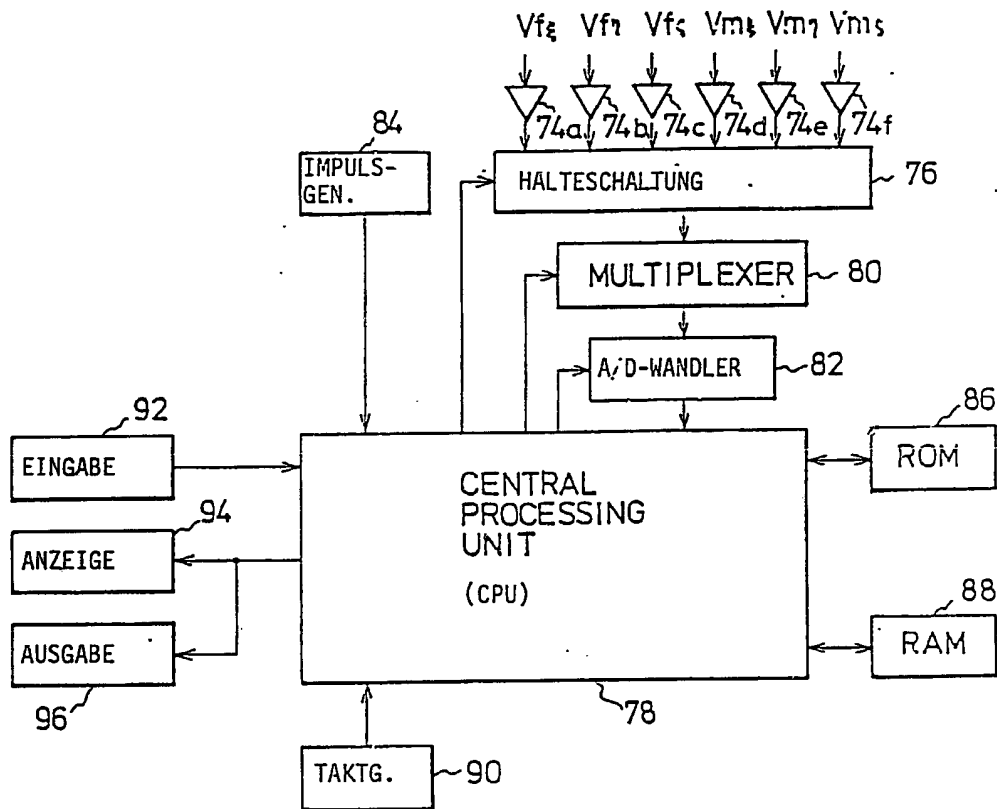


FIG. 10

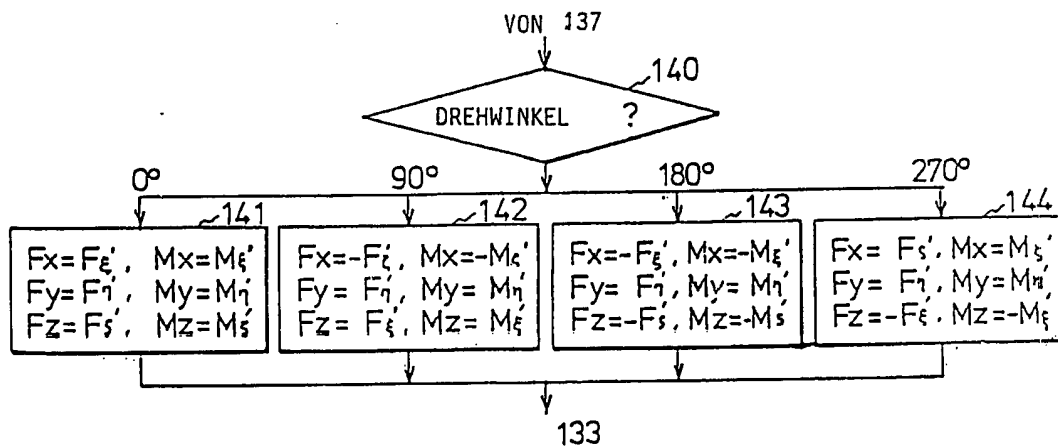


FIG. 13

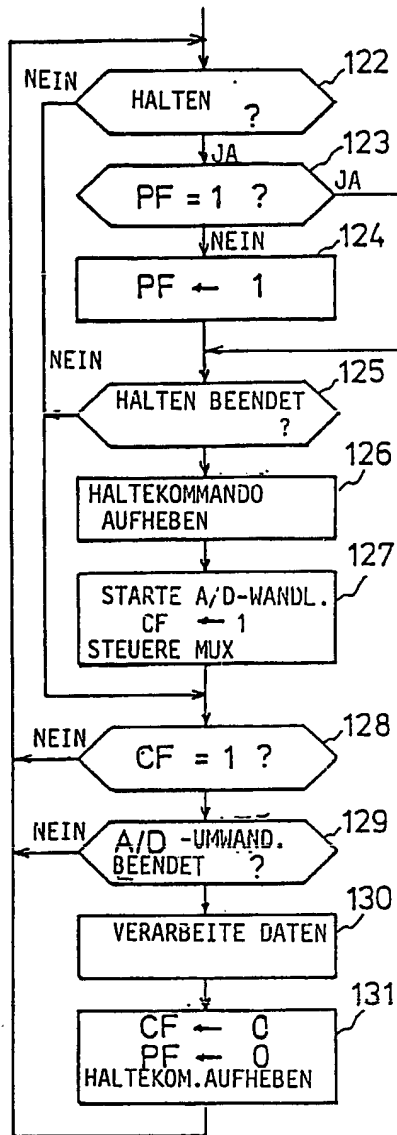


FIG. 11

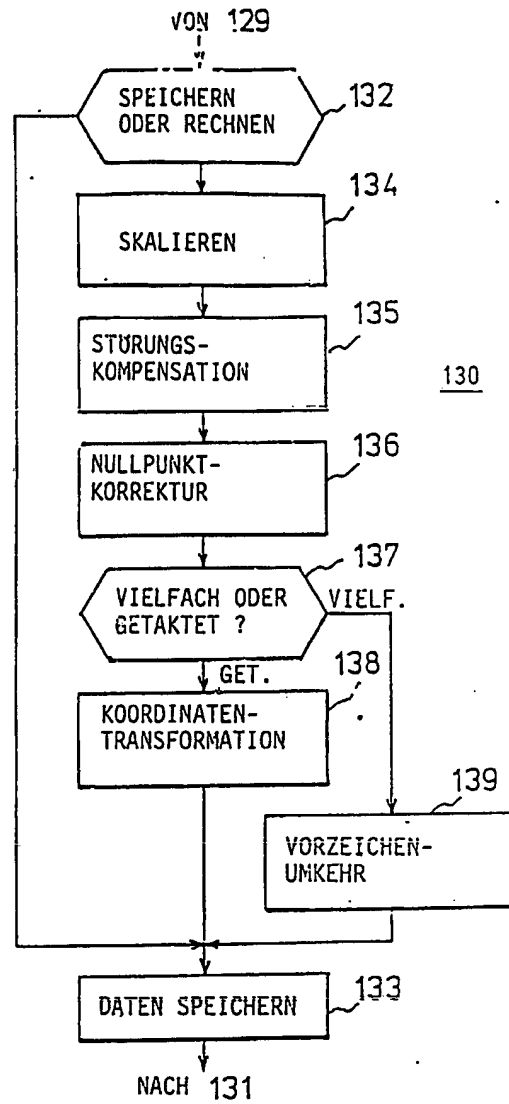


FIG. 12

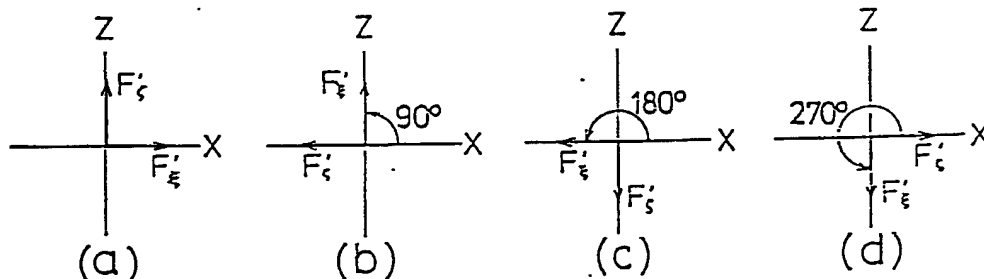


FIG. 15

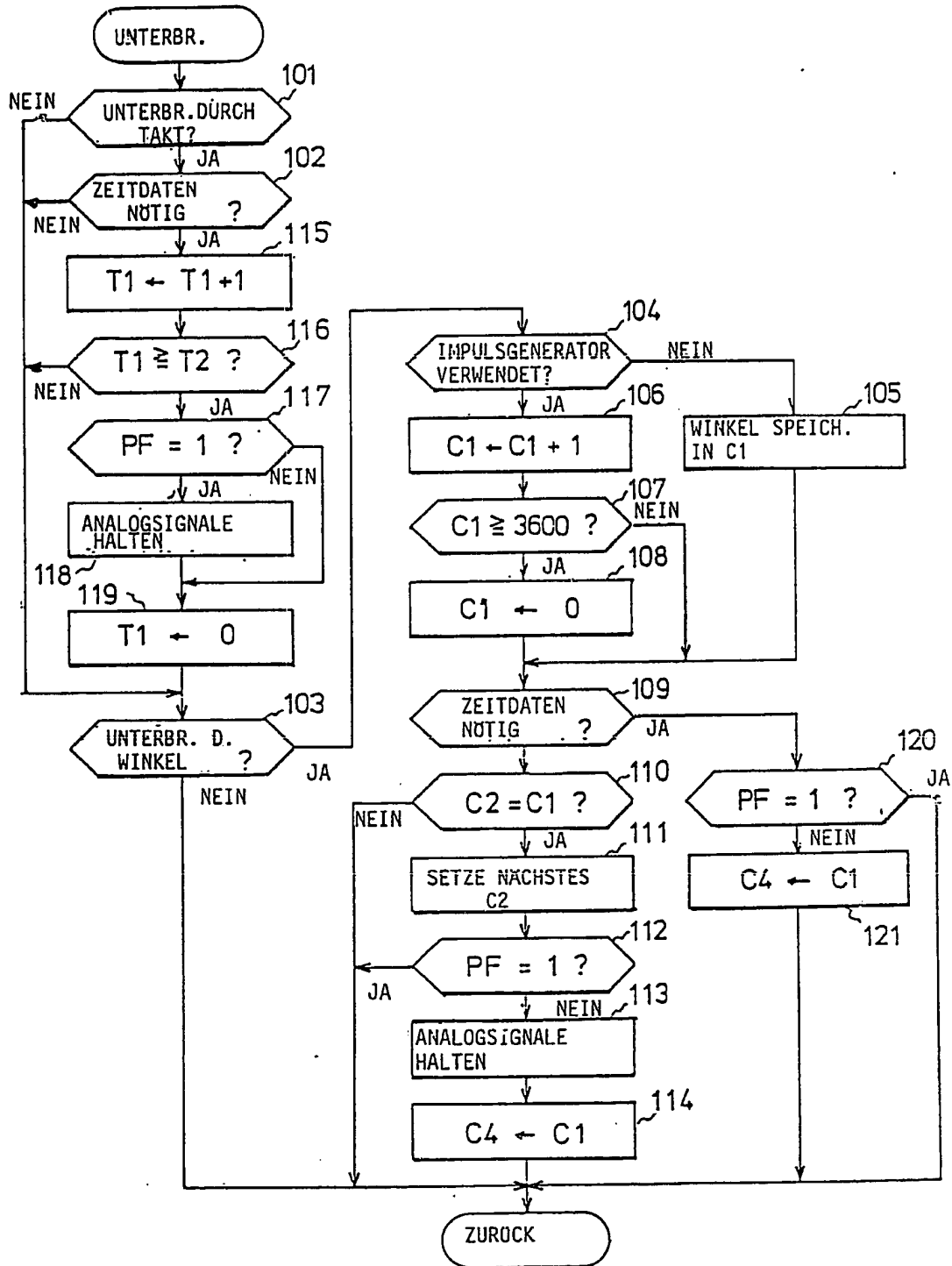


FIG. 14